

VR 環境でのデッサン人形の操作手法の検討

佐藤 龍平* 坂本 大介* 崔 明根† 小野 哲雄‡

概要. 本稿では、人型の 3D モデルとしてコンピュータ上で動作するデッサン人形を Virtual Reality (VR) 環境で操作することを提案する。関節操作条件を直接操作 (Direct) と遠隔操作 (Ray)、姿勢制御条件を左手で人形全体をつかむ条件 (Hold) と設置条件 (Placed) に分け、ユーザが目標ポーズを再現するドッキングタスクの評価実験を行った結果、操作条件の安定性と関節部の視認性がユーザの操作効率と操作体験に影響することが示唆された。また、行動観察から潜在的に好まれるピンのみによる回転操作手法が明らかになった。今後は、既存の VR 環境を用いないツールとの比較を通じた評価が求められる。

1 はじめに

イラスト制作では特に人物画において、複雑な人体構造の理解や魅力的なポージングの作成に悩むケースがあり、その際にデッサン人形を活用する場合がある。デッサン人形とは、体のパーツが球体関節によってつながれたものであり、様々なポーズをとらせることができる人形である。この人形にポーズをとらせて観察することにより、人体の正確な描写につながり、人体構造の理解を深めることができる。CLIP STUDIO PAINT[3] を代表としたイラスト制作ツールの普及に付随して、イラスト制作ツール上で動作するデッサン人形が使用されるようになった。しかし、2D のモニター上で動作する 3D 人形の関節操作は、特に奥行き方向において直感的な操作が困難である。そこで、ヘッドマウントディスプレイを用い、Virtual Reality (VR) 環境での操作手法を検討し、デスクトップベースの 3D デッサン人形の操作性の問題を改善することを提案する。

先行研究では、VR 環境を用いた 3D 人形操作やイラスト制作支援の有効性が示されている。Benbelkheir らの研究では、コントローラによって関節を直接操作する手法により、既存ツールより効率的なポーズ・アニメーション作成が可能であることが示された一方で、精密な操作性に課題が指摘された[1]。また、橘田らの研究では、VR 環境上でイラスト制作に適したシーン構築と撮影が容易になる利点が示されたが、操作体系の複雑さがユーザ体験を損なう要因となっていた[8]。これらの結果から、VR 環境におけるデッサン人形操作の効率性と精密性、そして直感的な操作体験を両立する設計の検討が必要であるといえる。

VR 環境での人形操作におけるユーザの効率性と体験を向上させる設計を調査するため、本稿では VR 環境でデッサン人形を操作する際の基本操作を実装し、人形を目標ポーズに合わせるタスクとそれに関するアンケートをとるユーザスタディを実施した。

2 実装

VR 環境で操作することが可能なデッサン人形を実装する。使用したデバイスは Meta Quest3、実装環境は Unity(2022.3.55f1) であった。3D デッサン人形の関節は、VR 空間上でコントローラーを用いず指でピンチすることで操作することを可能にした。手首や足首など末端の関節の回転操作は予備調査により意図した操作が困難であることが判明したため、指先の向きを移動操作によって制御するためのピンを追加した。

3 ユーザスタディ

3.1 概要

VR 環境でデッサン人形を操作する際の関節操作手法と人形全体の姿勢制御手法を調査するため、ユーザスタディを実施する。Zhu らによる研究[7]の実験デザインを参考に操作条件を設定する。関節を操作する際の関節操作手法は、関節の位置でピンチすることで関節を掴む条件 (Direct) と手のひらから伸びるレーザーを関節に合わせてピンチすることで関節を掴む条件 (Ray) の 2 条件を設ける。また、デッサン人形全体の位置と回転を制御する姿勢制御手法を、非利き手で直接掴んで人形を回転する条件 (Hold) とスライダーを操作して人形を回転する条件 (Placed) の 2 条件を設ける。それぞれの条件を図 1 に示す。実験条件はこれらの組み合わせである Direct-Hold、Direct-Placed、Ray-Hold、Ray-Placed の 4 条件を設けた。参加者は 12 人、参加者内計画であった。従属変数は、NASA-RTLX、SUS、タスク完了時間であった。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 北海道大学

† 筑波大学

‡ 京都橘大学

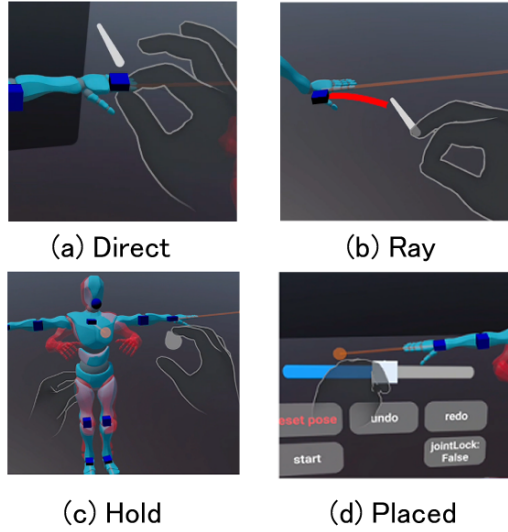


図 1. 関節操作条件の (a)Direct と (b)Ray. 姿勢制御条件の (c)Hold と (d)Placed.

参加者に 3D 人形を目標ポーズに合わせるタスクを実施させた後、4つの手法の組み合わせの好みを 1 位から 4 位まで順位付けをさせ、それぞれの手法で困難だった操作についてインタビューを行った。

3.2 結果

結果を図 2 に示す。それぞれの従属変数に対してノンパラメトリックな分析手法である整列ランク変換 (ART) を行い、二元配置分散分析 (ANOVA) を実施した。多重比較にはウィルコクソンの符号付順位検定を用いた。結果、Direct と Ray の主効果について、総合的ワークロード ($F(1, 11) = 12.87, p < .05$)、タスク完了合計時間 ($F(1, 11) = 57.04, p < .05$)、SUS スコア ($F(1, 11) = 6.46, p < .05$) が有意で、Direct 条件が優れていた。交互作用について、総合的ワークロード ($F(1, 11) = 7.74, p < .05$) が有意であり、Placed の条件では Direct の条件の際に作業負荷が有意に優れていた。Direct-Hold, Ray-Hold, Direct-Placed, Ray-Placed のそれぞれの条件の好みの順位の加重平均は、それぞれ 2.08, 3.00, 1.66, 3.25 となり、Direct-Placed が最も好まれる手法となった。

条件とは別に、ピンのみを使った回転制御が多くの参加者に好まれた。この操作手法は、ピンを関節上で円形に回転することによりすべての回転軸を操作する手法であり、Handle bar メタファ [6] の “Pedaling” モーションに類似したものとなっている。また、Direct-Placed において、両手でピンと関節を掴み、一度に関節の移動と回転の 6 自由度 (Degrees of Freedom ; DoF) を操作する参加者がみられた。ピンと関節で操作の自由度を分離することで、単に直接関節を掴んで操作するよりも効率的

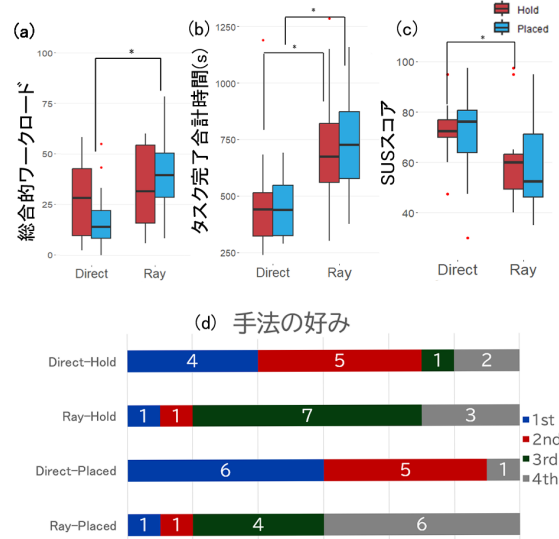


図 2. ユーザスタディ終了後に実施した (a)NASA-RTLX の総合的ワークロード。 (b) タスク完了時間の合計。 (c) SUS のスコア。 (d) 好みの手法アンケート調査結果。* ($p < .05$)

に 6DoF の操作を行える可能性がある。

4 まとめ

ユーザスタディの結果、Direct と Ray の主効果が見られることから、これらの条件の違いが人形の関節の操作性に大きな影響があることが分かった。加えてインタビューから、Direct は直感的で正確な操作が可能であるとされたのに対し、Ray 手法は関節選択の安定性が欠如していた代わりに、視認性が良いとされていた。以上から、Ray でのレーザー操作の安定性を向上させることにより、安定した視認性の良い操作が得られると考えられる。

今回実装した手法以外でのオブジェクト操作手法は既存の研究で多く提案されており [4, 5, 6]、今回それらを導入する際の評価は検証していない。また、実物のデッサン人形やデスクトップベースの 3D デッサン人形ツールに比べて、Creativity Support Index [2] で定義される創造性指標がどのように変化するかについては調査していない。今後は、既存手法との比較を通してより良い操作性向上と創作支援としての機能を検討をする。

参考文献

- [1] Y. Benbelkheir, A. Lerga, and O. Ardaiz. A Virtual Reality Direct-Manipulation Tool for Posing and Animation of Digital Human Bodies: An Evaluation of Creativity Support. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(7), 2024.

- [2] E. A. Carroll, C. Latulipe, R. Fung, and M. Terry. Creativity factor evaluation: towards a standardized survey metric for creativity support. In *Proceedings of the Seventh ACM Conference on Creativity and Cognition*, CC '09, p. 127–136, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.
- [3] CELSYS, CLIP STUDIO PAINT 機能一覧. https://www.clipstudio.net/ja/functional_list/ [Accessed on 01/24/2025].
- [4] B. D. Conner, S. S. Snibbe, K. P. Herndon, D. C. Robbins, R. C. Zeleznik, and A. van Dam. Three-dimensional widgets. In *Proceedings of the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics*, I3D '92, p. 183–188, New York, NY, USA, 1992. Association for Computing Machinery.
- [5] H. T. Nguyen, C. Pontonnier, and T. Duval. A new direct manipulation technique for immersive 3d virtual environments. 2016.
- [6] P. Song, W. B. Goh, W. Hutama, C.-W. Fu, and X. Liu. A handle bar metaphor for virtual object manipulation with mid-air interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, p. 1297–1306, New York, NY, USA, 2012. Association for Computing Machinery.
- [7] F. Zhu, M. Sousa, L. Sidenmark, and T. Grossman. PhoneInVR: An Evaluation of Spatial Anchoring and Interaction Techniques for Smartphone Usage in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [8] 橘田 武徳, 井尻 敬. Virtual Reality を活用したイラスト用資料写真撮影システム. Technical Report 10, 芝浦工業大学, 芝浦工業大学, jan 2023.